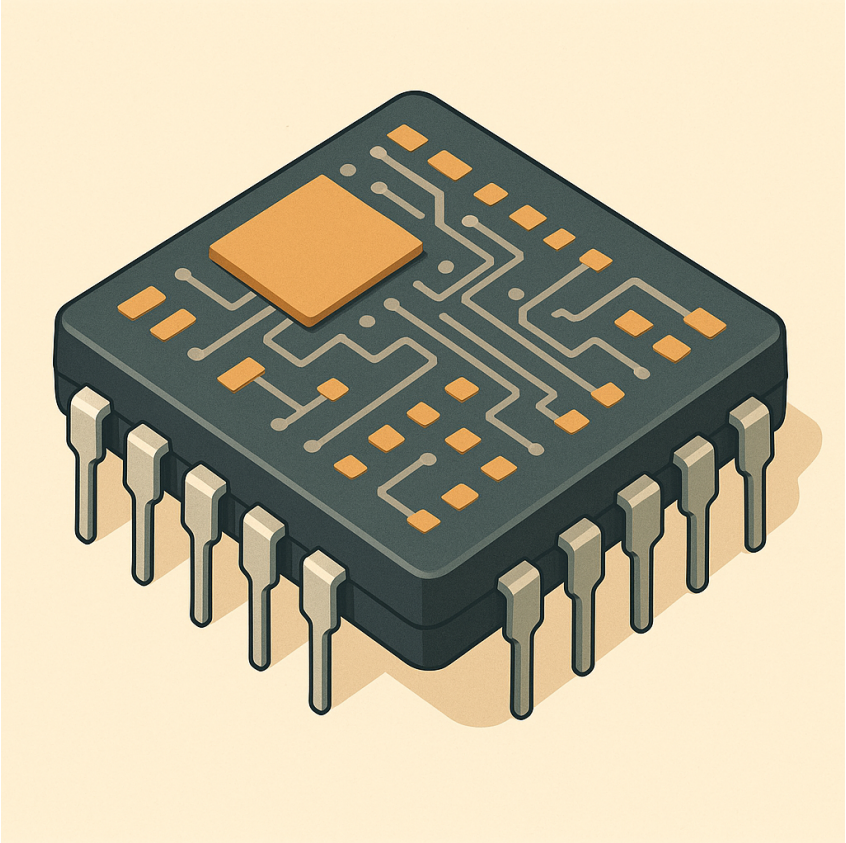
UT0: Historia y Evolución de la Electrónica

1. Introducción a la Electrónica.....2
2. Orígenes de la Electrónica (Siglo XIX).....2
3. La Era del Tubo de Vacío (1904–1947).....3
4. Ordenadores de tubos de vacío.....4
5. La Revolución del Transistor (1947–1958).....6
6. La Invención del Circuito Integrado (1958–1970).....9
7. La Microelectrónica y los Microprocesadores (1971–1980).....12
8. La Electrónica Digital (1980–2000).....17
9. La Electrónica en la Actualidad (2000–2025).....20
10. La Electrónica del Futuro.....26



CIRCUITO INTEGRADO

1. Introducción a la Electrónica

La electrónica es una rama de la física y la ingeniería que estudia y utiliza los fenómenos del flujo de electrones en dispositivos y circuitos. Es una disciplina clave para el desarrollo tecnológico actual, presente en computadoras, móviles, electrodomésticos, automóviles, sistemas médicos y energías renovables, entre otros sistemas, aunque prácticamente la electrónica moderna abarca la interconexión de múltiples sistemas y tareas, como los emergentes sectores tecnológicos IoT (Internet de las cosas) e IA (Inteligencia Artificial).

2. Orígenes de la Electrónica (Siglo XIX)

Aunque la electrónica como tal no existía, varios descubrimientos sentaron sus bases:

- George Boole introdujo su álgebra en 1847, en su obra "The Mathematical Analysis of Logic", y la desarrolló más a fondo en "An Investigation of the Laws of Thought", publicada en 1854. El álgebra de Boole, tal como la conocemos hoy, es una herramienta fundamental en la informática, la electrónica y otras áreas donde se necesita trabajar con sistemas lógicos y binarios.
- Ley de Coulomb (1785) y Ley de Ohm (1827) describen fenómenos eléctricos que serían básicos para la creación de los dispositivos electrónicos.
- Michael Faraday investigó la inducción electromagnética, fundamental posteriormente para el desarrollo de la electrónica de potencia.
- En 1873, James Clerk Maxwell formuló las ecuaciones del electromagnetismo, que unificarían todos los fenómenos eléctricos y magnéticos.
- En 1883, Thomas Edison observó el “efecto Edison”, que más tarde llevaría al desarrollo del diodo, junto con el triodo, los dos elementos bases de la electrónica antes de los semiconductores.
- El descubrimiento de la emisión termoiónica por parte de Edison es fundamental para el desarrollo de los tubos de vacío, la primera era de la electrónica.
- La emisión termoiónica, conocida anteriormente como efecto Edison, es la liberación de electrones de un electrodo en virtud de su temperatura (liberación de energía suministrada por el calor). Esto ocurre porque la energía térmica dada al portador de carga supera la función de trabajo del material. Los portadores de carga pueden ser electrones o iones y en la literatura antigua a veces se les denomina termiones.

3. La Era del Tubo de Vacío (1904–1947)

Previo a los semiconductores, se desarrolló la tecnología del tubo de vacío, con los siguientes ítems:

- John Ambrose Fleming inventó el diodo de vacío en 1904.
- Lee de Forest desarrolló el triodo en 1906, permitiendo la amplificación de señales.
- Se crearon los primeros radios, televisores y computadoras como la ENIAC usando miles de tubos de vacío.
- Ventajas: hizo posible la electrónica moderna, es el previo a los dispositivos semiconductores.
- Inconvenientes: tamaño grande, alto consumo, baja fiabilidad y baja capacidad de cálculo.
- Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite el flujo de corriente en una sola dirección, actuando como un interruptor unidireccional.
- Un triodo, por otro lado, es un dispositivo de tres terminales que incluye una rejilla entre el cátodo y el ánodo, lo que permite controlar la corriente entre estos dos últimos, actuando como un amplificador.

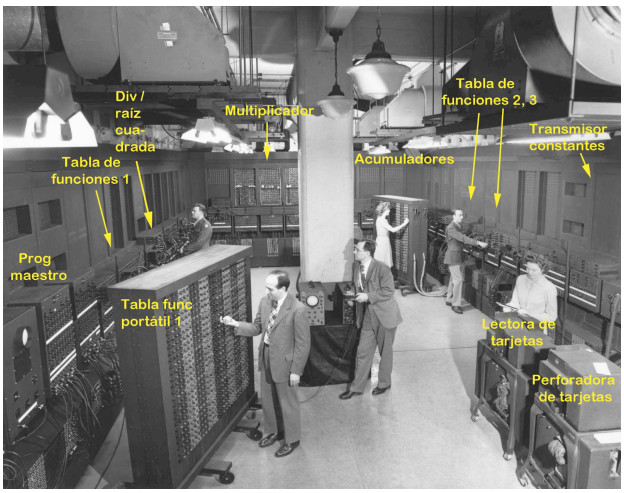
Diodo	**Triodo**

4. Ordenadores de tubos de vacío

- Eniac está considerado el primer ordenador de la historia moderna, basado en la electrónica, y es el acrónimo de Electronic Numerical Integrator and Computer, para realizar cálculos de balística. Construido en 1945, fue modificado para mejorarlo y acabó retirado del servicio en 1955.
- Con la experiencia del ENIAC, se definió la arquitectura de los computadores modernos o arquitectura von Neumann, a pesar de que Eniac no tenía todos los elementos de dicha arquitectura.
- La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por tener una única memoria para almacenar tanto datos como instrucciones de programa, las cuales se ejecutan secuencialmente. Además, utiliza un sistema de buses compartido para acceder a la memoria y componentes interconectados. Sus componentes principales son:
    - CPU (Unidad Central de Procesamiento): Realiza las operaciones lógicas y aritméticas, controlando la ejecución de las instrucciones.
    - Memoria principal: Almacena tanto datos como instrucciones del programa.
    - Unidad de Control: Obtiene las instrucciones de la memoria, las interpreta y las ejecuta, controlando el resto de componentes.
    - Unidad Aritmético-Lógica (ALU): Realiza operaciones matemáticas y lógicas.
    - Dispositivos de entrada/salida: Permiten la interacción con el usuario y el mundo exterior.
- La estructura del ENIAC puede parecer una exageración, pesaba 27 toneladas, ocupaba una habitación de unos 10 x 17 metros y necesitaba refrigeración, pues elevaba mucho la temperatura al funcionar consumiendo 174 kW.
- Estaba construido con 17.468 válvulas de vacío, la tecnología puntera de los años cuarenta.
- Era un computador de propósito general capaz de resolver diversos problemas, cálculo diferencial e integral, disponía de 20 acumuladores sumadores, un multiplicador y un divisor de raíz cuadrada, con un programador maestro, más una memoria interna de solo lectura, de 312 números y otra externa a base de tarjetas perforadas que podía leer e imprimir.
- No tenía sistema operativo ni programa almacenado. Se manejaba por seis programadoras, conectando los módulos, mediante cables manguera y poniendo sus

interruptores en las posiciones adecuadas. Ello le permitía encadenar cálculos y pasar datos de un módulo a otro.

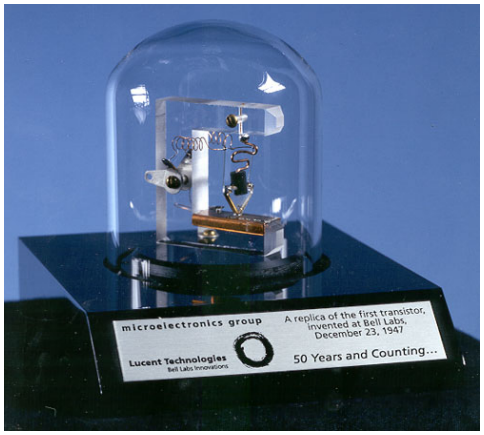
- Además de la ENIAC, otros ordenadores importantes de la primera generación, que también utilizaban válvulas de vacío, incluyen la EDVAC, UNIVAC I, Colossus, y el Atanasoff-Berry Computer. Estos modelos, aunque anteriores o contemporáneos a la ENIAC, representaron avances significativos en la computación y sentaron las bases para las generaciones futuras:
    - EDVAC: Considerada la sucesora de la ENIAC, la EDVAC introdujo la arquitectura de von Neumann, que almacenaba tanto instrucciones como datos en la misma memoria, lo que permitía una mayor flexibilidad y eficiencia.
    - UNIVAC I: Fue la primera computadora comercial fabricada en los Estados Unidos y se entregó a la Oficina del Censo en 1951, marcando un hito en la adopción de la computación para aplicaciones no militares.
    - Colossus: Desarrollada en el Reino Unido durante la Segunda Guerra Mundial, la Colossus fue una de las primeras computadoras electrónicas programables y se utilizó para descifrar códigos alemanes, siendo un ejemplo temprano de computación de alto rendimiento.
    - Atanasoff-Berry Computer: Aunque menos conocida, la ABC fue la primera computadora electrónica digital y se considera un precursor de la ENIAC, ya que algunos de sus conceptos fueron adoptados en el diseño de esta última.
- Estos modelos, junto con la ENIAC, representan los primeros pasos en la era de la computación electrónica y sentaron las bases para el desarrollo de las computadoras modernas.



ENIAC

5. La Revolución del Transistor (1947–1958)

En 1947, William Shockley, John Bardeen y Walter Brattain inventaron el transistor en los laboratorios Bell, su idea era crear un conmutador de estado sólido para ser utilizado en telefonía y para reemplazar tanto a los relés como a los sistemas de barras, y para usaron un semiconductor, el Germanio. Se le denominó en su momento transistor de contacto puntual.


microelectronics group
A replica of the first transistor, invented at Bell Labs, December 23, 1947
Lucent Technologies
Bell Labs Innovations
50 Years and Counting...

1º TRANSISTOR

Evolución Técnica (1947–1958)

- 1948 – Publicación oficial del descubrimiento
    - Se presenta formalmente el transistor y se inicia su experimentación académica e industrial.
- 1951 – Transistor de unión bipolar (BJT)
    - Desarrollado por William Shockley.
    - Mejor rendimiento y fiabilidad que el transistor de contacto puntual.
    - Tres regiones: emisor, base y colector (tipo NPN o PNP).
- 1954 – Primer transistor comercial de silicio
    - Fabricado por Texas Instruments.
    - El silicio reemplaza gradualmente al germanio por su mayor estabilidad térmica y abundancia.
- 1955 – Radio portátil a transistores
    - La empresa Regency lanza la primera radio comercial con transistores: Regency TR-1.
    - Inicio de la miniaturización y la electrónica de consumo.

- 1956 – Premio Nobel de Física
    - Bardeen, Brattain y Shockley son galardonados por el invento del transistor.
- 1957–1958 – Primeros circuitos digitales
    - Se diseñan las primeras compuertas lógicas con transistores.
    - Bases para el desarrollo de ordenadores digitales sin válvulas.

Revolución Industrial y Comercial

- Militar: Sistemas de radar, comunicaciones y misiles comenzaron a incorporar transistores.
- Industrial: Reducción del tamaño y coste de dispositivos electrónicos.
- Académico: Auge en la investigación sobre semiconductores y teoría de bandas.

Consecuencias

- Reemplazo progresivo de las válvulas en radios, calculadoras, equipos médicos y ordenadores.
- Nacimiento de la microelectrónica.
- Fundación de empresas como Fairchild Semiconductor (1957), que jugaron un papel clave en la transición hacia los circuitos integrados.

Conceptos Técnicos Importantes

- Semiconductores: Materiales como el germanio y el silicio, que permiten controlar el flujo eléctrico.
- Dopado: Técnica para modificar la conductividad de semiconductores.
- Amplificación: El transistor permite aumentar la señal de entrada gracias al control de la corriente entre emisor y colector por una corriente pequeña en la base.

Primeras células solares fotovoltaicas

- Las primeras células solares modernas también aparecen en esta época, y están estrechamente relacionadas con la Revolución del Transistor, ya que comparten base tecnológica: los semiconductores.
- Aunque el efecto fotovoltaico fue descubierto por Alexandre Edmond Becquerel en 1839, no fue hasta el siglo XX que se logró convertir la luz solar en electricidad de forma práctica.

- A partir de las investigaciones en semiconductores para transistores, surgió una aplicación alternativa: la conversión directa de luz en electricidad.
- La primera Célula Solar de Silicio fue desarrollada en 1954 por Gerald Pearson, Calvin Fuller y Daryl Chapin, en Laboratorios Bell, usando Silicio monocristalino dopado, con una eficiencia inicial aproximada del 6% (muy baja comparada con los estándares actuales, pero revolucionaria para la época).
- Tecnología base: El dispositivo utilizaba una unión PN de silicio para generar corriente eléctrica al ser iluminado. Las propiedades del silicio como semiconductor fueron esenciales para este avance.
- Primeras Aplicaciones: 1958: Primer uso práctico en satélites. El Vanguard I, lanzado por EE. UU., utilizó células solares para alimentar sus sistemas electrónicos. Antes de esto, se usaban baterías químicas, con autonomía muy limitada.
- Impacto Tecnológico y Relación con el Transistor: Tanto los transistores como las células solares marcaron el paso de la electrónica de tubos a la microelectrónica y optoelectrónica.
- Ambos dispositivos comparten los principios de la física del estado sólido y fueron posibles gracias al dominio del silicio y las técnicas de dopado.
- Curiosidad Histórica: En los años 50, la energía solar se consideraba una tecnología experimental y de alto coste. Sin embargo, fue vista como ideal para aplicaciones remotas o espaciales, donde el acceso a fuentes de energía convencionales era imposible.

En resumen:

- Reemplazó al tubo de vacío con muchas ventajas, ya que era más pequeño, eficiente y duradero, y su objetivo era amplificar señales.
- Marca el inicio de la miniaturización electrónica, la microelectrónica.
- Se popularizaron las radios portátiles y se desarrollaron sistemas electrónicos más complejos.

6. La Invención del Circuito Integrado (1958–1970)

La invención del circuito integrado (CI) es uno de los grandes hitos en la historia de la electrónica y marca el inicio de la era moderna de los sistemas electrónicos.

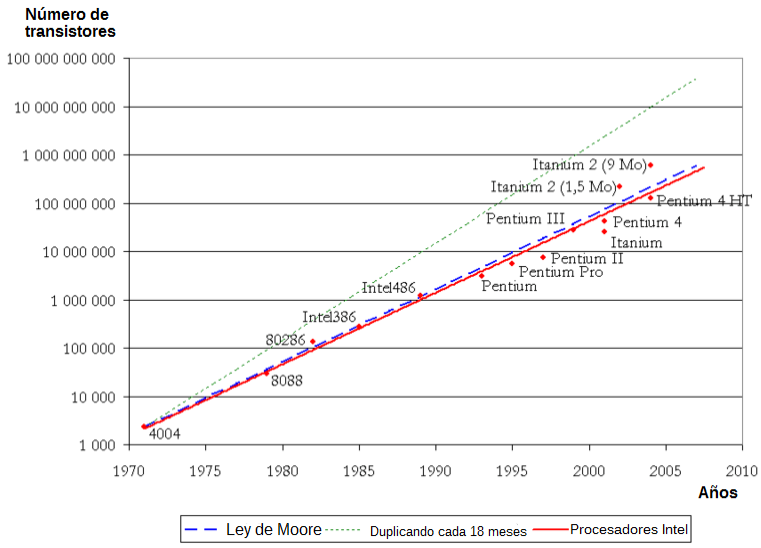
A finales de los años 50, la complejidad de los dispositivos electrónicos crecía rápidamente.

Aunque los transistores habían reemplazado a las válvulas, los circuitos seguían construyéndose componente por componente, lo que limitaba la miniaturización, aumentaba el coste y complicaba el ensamblaje.

Un circuito integrado (CI) es un dispositivo que contiene múltiples componentes electrónicos (transistores, resistencias, diodos, etc.) fabricados sobre un único chip de material semiconductor, normalmente silicio.

Esto permite crear circuitos completos mucho más pequeños, rápidos y fiables.

- En 1958, Jack Kilby (Texas Instruments) y Robert Noyce (Fairchild) crearon el primer circuito integrado (CI), un oscilador multivibrador con componentes conectados por hilos. Kilby lo llamó “circuito sólido monolítico”.
- Robert Noyce (Fairchild Semiconductor), en 1959, desarrolló de forma independiente una versión más práctica. Introdujo el proceso planar de fabricación, que permitía crear transistores y conexiones directamente sobre la oblea de silicio. Esta innovación permitió escalar la fabricación a nivel industrial.
- Primeros circuitos integrados comerciales. Empresas como Texas Instruments y Fairchild Semiconductor lanzan al mercado los primeros CI digitales (lógica simple) y analógicos (amplificadores operacionales).
- Amplificador operacional μA702, de 1963: Desarrollado por Bob Widlar en Fairchild, es uno de los primeros op-amps integrados, fundamental en electrónica analógica.
- Ley de Moore: Gordon Moore (cofundador de Intel) predijo que el número de transistores por chip se duplicaría cada 18–24 meses. Esta ley marcó el ritmo del desarrollo de la microelectrónica durante décadas.



Gráfica de la ley de Moore

- Si bien la ley de Moore ha sido precisa durante décadas, algunos expertos creen que podría estar acercándose a su límite debido a las limitaciones físicas de la miniaturización de componentes electrónicos.
- A pesar de las limitaciones, la ley de Moore sigue siendo un concepto relevante para entender la evolución de la tecnología y la búsqueda de nuevas formas de mejorar la capacidad de procesamiento.

Tecnología y Fabricación de los primeros circuitos integrados

- Proceso planar: Técnica que permite crear múltiples componentes sobre una oblea de silicio usando máscaras fotolitográficas.
- Encapsulado: Una vez fabricado el chip, se encapsula en un contenedor plástico o cerámico con pines de conexión (DIP, TO, etc.).
- Ventajas:
    - Reducción del tamaño.
    - Menor consumo de energía.
    - Mayor fiabilidad (menos fallos por conexiones manuales).
    - Producción en masa.

Aplicaciones Iniciales

- Militar y espacial: Sistemas de guiado, satélites (como el Apollo Guidance Computer).
- Electrónica de consumo: Calculadoras, radios portátiles, televisores.
- Computadoras: Los primeros ordenadores con CI fueron más compactos y potentes (ej. IBM System/360).

Reconocimientos

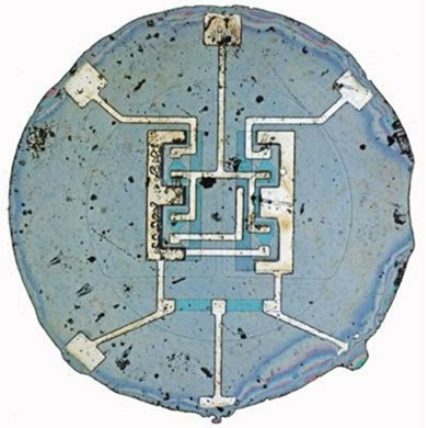
- 2000 – Premio Nobel de Física a Jack Kilby, por la invención del circuito integrado.
- Aunque Robert Noyce no lo recibió, es ampliamente reconocido como co-inventor del CI.

Impacto

- Base para el desarrollo de los microprocesadores en los años 70.
- Transformación total de la industria electrónica: se pasa de sistemas con cientos de transistores a chips con miles y luego millones.

Resumen

- Aparecen las primeras calculadoras electrónicas, ordenadores y dispositivos lógicos, aunque su uso está restringido a corporaciones militares, de investigación y grandes multinacionales.
- Revolución en la industria: Tienen menor coste, más fiabilidad y mayor rendimiento que las válvulas de vacío de dos terminales (diodos) y triodos.



1º CIRCUITO INTEGRADO

7. La Microelectrónica y los Microprocesadores (1971–1980)

En 1971, Intel lanza el primer microprocesador comercial, el Intel 4004, que marca el inicio de la era de la computación personal, tenía una arquitectura de 4 bits, 2.300 transistores, y una tecnología NMOS, y se le considera el 1º procesador programable en un solo chip.
Los principales microprocesadores de la década fueron:

Año	Modelo	Empresa	Características principales
1971	Intel 4004	Intel	4 bits, 1er microprocesador comercial
1972	Intel 8008	Intel	8 bits, usado en terminales y controladores
1974	Intel 8080	Intel	8 bits, más rápido, base para los primeros PCs
1975	Motorola 6800	Motorola	8 bits, arquitectura rival del 8080
1976	Zilog Z80	Zilog	8 bits, muy usado en microordenadores
1978	Intel 8086	Intel	16 bits, base de la arquitectura x86
1979	Motorola 68000	Motorola	16/32 bits, usado en Apple Macintosh y Atari ST

Principales aplicaciones que tuvieron los procesadores en los años 70 fueron:

- Ordenadores personales:
    - Altair 8800 (1975, con Intel 8080)
    - Apple I (1976, con MOS 6502)
    - Apple II, TRS-80, Commodore PET, ZX Spectrum
- Electrónica de consumo:
    - Relojes digitales, consolas de videojuegos (ej. Atari)
    - Equipos de música y cámaras automáticas
- Control industrial y automoción:
    - Sistemas de control embebido en maquinaria.
    - Controladores de motores, inyecciones electrónicas.

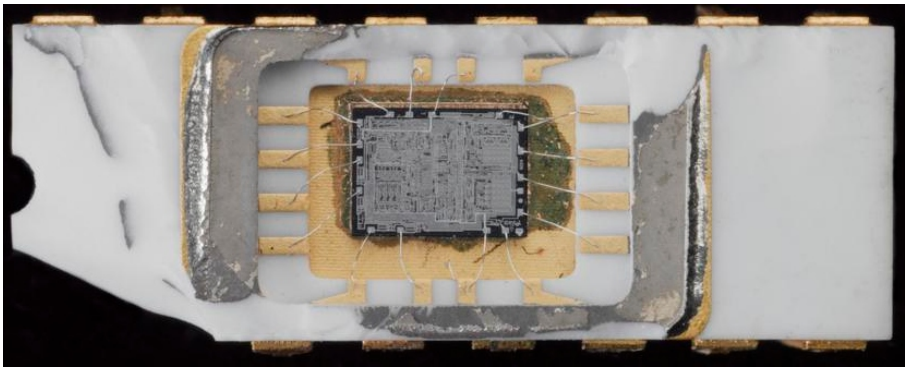
Avances Tecnológicos Clave

- Tecnologías LSI y VLSI
    - LSI (Large Scale Integration): Cientos a miles de transistores por chip.
    - VLSI (Very Large Scale Integration): Decenas de miles y más.
    - Estas tecnologías permitieron integrar CPU, memoria y periféricos en un solo circuito.
- Lenguajes de programación de bajo nivel
    - Assembler para microprocesadores concretos.
    - Comienzan a desarrollarse compiladores para Pascal, BASIC y C en sistemas embebidos.
- Sistemas operativos primitivos
    - CP/M (Control Program for Microcomputers): OS precursor de MS-DOS.
    - Soportaba múltiples tareas en sistemas de 8 bits.
- Datos importantes:
    - Inspiración para el desarrollo de la robótica y sistemas embebidos.
    - Se llegan a integrar desde miles a millones de transistores en chips de silicio.
    - Se desarrollan memorias RAM, ROM, microcontroladores.
    - Aplicaciones en automatización industrial, informática y telecomunicaciones.
    - El primer ordenador personal, el Kenbak-1, se lanza en 1971, no tenía microprocesador, pero sí memoria, registros e instrucciones.
    - El Apple II, basado en un microprocesador 6502 de MOS Technology funcionando a 1 MHz, con 4 KiB de RAM, 12 KiB de ROM con el lenguaje de programación Integer BASIC, y una interfaz para grabadores de casetes de audio salió a la venta en 1977, y fue el primer ordenador producido a gran escala.
    - Otro hito de los ordenadores personales fue IBM PC (1981), lanzado por IBM en 1981, a pesar de su precio fue el primero en ser accesible para el público en general, pesaba 22 kg y contaba con un procesador Intel 8088, tenía 40K de memoria ROM y 16K de memoria RAM, y contaba con ranuras de expansión para conectar periféricos.
- Impacto Social y Académico
    - Nace la industria del software personal.
    - Empresas emergentes: Microsoft, Apple, Tandy, Commodore.

- Educación técnica: Comienzan a aparecer módulos y cursos específicos de microprocesadores en FP y universidades.

En resumen:

- El microprocesador permitió concentrar la potencia de procesamiento en un solo chip, reduciendo costes, espacio y consumo energético.
- Abrió el camino a los ordenadores personales, dispositivos inteligentes y la automatización.
- Dio origen a la arquitectura x86 (Intel 8086), que aún hoy domina en PCs.



PROCESADOR INTEL 4004

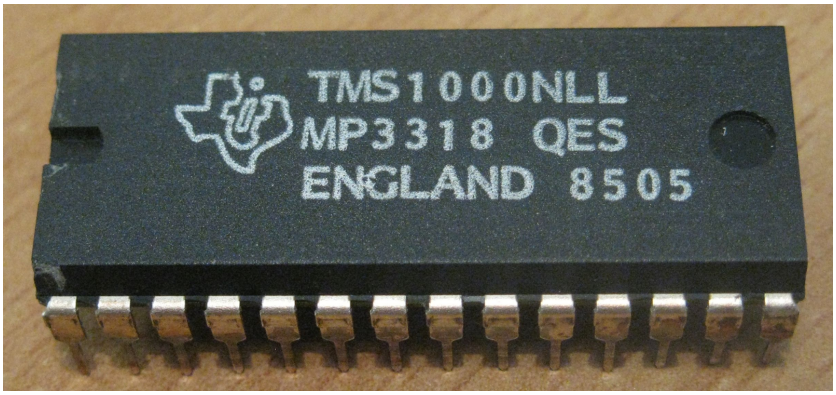
Por otra parte, con el desarrollo de los microprocesadores, trajo de manera simultánea el de los microcontroladores:

- La principal diferencia entre un microprocesador y un microcontrolador radica en su función y diseño. Un microprocesador es el cerebro de una computadora, encargado de realizar cálculos y ejecutar instrucciones, pero necesita componentes externos (como memoria y periféricos) para funcionar. Un microcontrolador, por otro lado, integra un microprocesador con memoria, temporizadores, puertos de entrada/salida y otros periféricos en un solo chip, lo que lo hace ideal para sistemas embebidos y aplicaciones de control en tiempo real.
- El microcontrolador inicialmente era un microprocesador con una función de memoria, como la memoria RAM y la memoria ROM, de igual manera los microcontroladores requerían de programación especializada y hardware para borrar, lo que hacía que fuera necesario quitar el dispositivo del circuito, deteniendo el desarrollo de software y haciendo el trabajo más costoso. Cuando se eliminó esta limitación, los

microcontroladores fueron capaces de ser programados y reprogramados sin necesidad de ser removidos del circuito.

- Gary Boone y Michael Cochran ingenieros de Texas Instruments crearon el primer microcontrolador alrededor de la década de 1970, llamado como el TMS 1000, su característica principal era su arquitectura de 4 bits con la función de ROM y RAM. A partir de 1974 Texas Instruments ofreció a la venta el TMS 1000, el cual estaba disponible en diferentes configuraciones de tamaño de RAM y ROM.

Característica	Microcontrolador	Microprocesador
Componentes integrados	CPU + memoria + periféricos en un solo chip	Solo CPU (necesita otros chips externos)
Uso típico	Sistemas embebidos, controladores	Computadoras, servidores, portátiles
Consumo energético	Muy bajo	Alto (relativamente)
Costo	Bajo	Más alto
Ejemplos	PIC, AVR (Atmel), ARM Cortex-M, ESP32	Intel Core, AMD Ryzen, Apple M1



Microcontrolador TMS100 Texas Ins.

Con respecto a los primeros microcontroladores en los años 70:

Año	Modelo	Empresa	Características principales
1974	TMS1000	Texas Instruments	Primer microcontrolador comercial. 4 bits, incluye CPU, RAM, ROM y E/S. Usado en calculadoras, juguetes y electrodomésticos.
1976	Intel 8048	Intel	8 bits, arquitectura Harvard, contiene CPU, RAM, ROM, temporizadores y puertos I/O. Muy utilizado en teclados y controladores.
1977	Motorola 6801	Motorola	8 bits, basado en el 6800 pero con RAM, ROM, puertos de E/S y periféricos integrados. Usado en automoción e industria.
1978	TMS9900	Texas Instruments	16 bits, arquitectura basada en los minicomputadores TI990, con periféricos externos. Avanzado pero menos popular.
1979	Intel 8051	Intel	8 bits, arquitectura Harvard. Muy popular y duradero, con RAM, ROM, temporizadores y múltiples puertos.
1979	Zilog Z8	Zilog	8 bits, integración total (CPU + RAM + ROM + I/O). Muy utilizado en sistemas embebidos industriales.

Se aclara que microprocesadores como el Intel 4004, 8008 o 8080 requerían memoria y periféricos externos para funcionar, con lo cual en ocasiones se les nombra también como microcontroladores.

8. La Electrónica Digital (1980–2000)

El período 1980–2000 fue clave en el desarrollo de la electrónica digital, con grandes avances tanto en componentes como en sistemas.

Durante este periodo, la electrónica digital evolucionó desde sistemas relativamente simples a tecnología compleja y altamente integrada, gracias al avance de los circuitos integrados, los microprocesadores, las memorias y la automatización del diseño electrónico (EDA).

Avances tecnológicos clave

Lógica digital y circuitos integrados

- Expansión de las familias TTL y CMOS:
    - TTL (Transistor-Transistor Logic): muy utilizada hasta mediados de los 80.
    - CMOS (Complementary MOS): menos consumo, ideal para integración a gran escala (LSI y VLSI).
- Evolución de los circuitos integrados:
    - SSI y MSI (Small y Medium Scale Integration): usados en los años 70.
    - LSI y VLSI (Large y Very Large Scale Integration): dominaron desde los años 80 y permitieron crear chips más complejos.
    - ULSI (Ultra Large Scale Integration) surge en los años 90 y tiene millones de transistores por chip.

Memorias digitales

- DRAM y SRAM más rápidas y densas.
- EPROM (borrable con luz UV) da paso a EEPROM y Flash, que permiten almacenamiento no volátil programable eléctricamente.
- Uso masivo de memoria Flash en dispositivos embebidos y electrónicos portátiles.

Microprocesadores y microcontroladores

- Microprocesadores cada vez más potentes (Intel 80286, 80386, 80486, Pentium).
- Proliferación de microcontroladores de 8 y 16 bits (8051, PIC, Motorola 68HC11).
- Aplicaciones en electrodomésticos, automoción, juguetes, comunicaciones, etc.

Desarrollo de dispositivos programables

- PALs (Programmable Array Logic) y GALs (Generic Array Logic) en los 80.
- FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) a partir de los 90:
    - Chips programables para lógica digital compleja.
    - Uso en prototipos, automatización, señal digital, etc.
    - Empresas como Xilinx y Altera (ahora parte de Intel).

Sector	Avances clave
Ordenadores personales	Discos duros, interfaces gráficas, buses rápidos (ISA, PCI), tarjetas gráficas
Telecomunicaciones	Primeros móviles digitales, expansión de redes digitales (ISDN, DSL)
Electrónica de consumo	Videojuegos (NES, SNES, PlayStation), cámaras digitales, CDs, TVs digitales
Automoción	Unidades de control electrónico (ECU), inyección electrónica, ABS

Automatización del diseño (EDA)

- Aparición y expansión de herramientas de diseño electrónico (como OrCAD, VHDL, Verilog).
- Facilitó el diseño, simulación y verificación de circuitos digitales complejos.
- Se establecen estándares de descripción hardware.

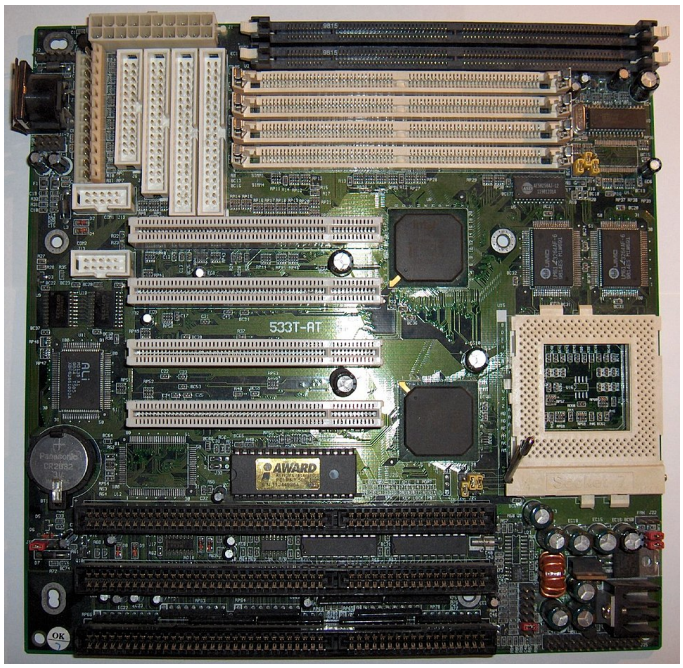
Impacto social y educativo

- La electrónica digital se introduce en el currículo de Formación Profesional, ingeniería y electrónica básica.
- Aparecen los primeros kits de entrenamiento digital con compuertas, contadores, displays, etc.
- Comienza el enfoque en sistemas embebidos, combinando microcontroladores y lógica digital.

Concepto	Explicación breve
Álgebra de Boole	Base matemática de la lógica digital (AND, OR, NOT, XOR...)
Compuertas lógicas	Implementan funciones lógicas básicas en circuitos
Flip-flops y registros	Almacenan bits; fundamentales para memorias y sistemas secuenciales
Contadores y temporizadores	Circuitos digitales secuenciales para contar eventos o generar retardos
Buses de datos y direcciones	Interconexión de dispositivos digitales

Ejemplos comunes de sistemas embebidos

Dispositivo	Función del sistema embebido
Lavadora	Controla los ciclos de lavado, sensores de nivel de agua, motores.
Termostato digital	Mide temperatura y regula la calefacción.
Airbag de automóvil	Detecta impactos y activa la bolsa de aire.
Reloj inteligente	Gestiona sensores, pantalla, comunicaciones inalámbricas.
Impresora	Controla cabezales, motores, comunicación con el PC.
Cámaras de vigilancia IP	Capturan vídeo, lo comprimen y lo envían por red.
Drones	Controlan motores, sensores de posición, GPS, y comunicación remota.



Placa base Pentium I

9. La Electrónica en la Actualidad (2000–2025)

El periodo 2000–2025 representa la era de mayor expansión, miniaturización e integración en la historia de la electrónica.

El siglo XXI ha visto una digitalización total de la vida cotidiana. La electrónica se ha integrado en todos los sectores, desde el hogar y la salud hasta la industria, el transporte y el espacio.

Avances tecnológicos clave

Nanotecnología y miniaturización

- Proceso de fabricación a escalas inferiores a los 10 nm.
- Chips con miles de millones de transistores.
- Materiales avanzados como grafeno, carburos y semiconductores III-V.
- Se superan los límites de la Ley de Moore mediante técnicas como empaquetado 3D, chiplets y arquitecturas heterogéneas.

Microprocesadores y SoC (System on Chip)

- Integración total: CPU, GPU, RAM, interfaces y conectividad en un solo chip.
- ARM Cortex-A y RISC-V ganan popularidad por eficiencia energética.
- Chips personalizados (como Apple M1/M2, Qualcomm Snapdragon, NVIDIA Orin).
- Uso en smartphones, portátiles, coches autónomos y servidores.

Sistemas embebidos inteligentes

- Microcontroladores potentes (STM32, ESP32, RP2040) con conectividad WiFi/BLE.
- Uso masivo en IoT, dispositivos portátiles y automatización.
- Plataformas como Arduino, ESP-IDF, Raspberry Pi Pico, y entornos RTOS (FreeRTOS, Zephyr).

Internet de las Cosas (IoT)

- Conexión de sensores, actuadores y sistemas a internet.
- Aplicaciones en ciudades inteligentes, agricultura, salud, domótica, etc.
- Protocolos modernos: MQTT, LoRaWAN, NB-IoT, ZigBee, Thread.

Dispositivos programables avanzados

- Expansión de FPGAs y CPLDs de alta velocidad (Xilinx, Intel-Altera, Lattice).
- Procesamiento paralelo, IA embebida y computación reconfigurable.
- Usados en telecomunicaciones, aeroespacial, defensa, IA y visión artificial.

Electrónica de comunicaciones

- 4G, 5G y próximamente 6G: redes digitales de alta velocidad.
- Redes ópticas, Wi-Fi 6/6E, Bluetooth Low Energy (BLE), satélites LEO.

- Electrónica de red con altas tasas de transmisión y procesamiento.

Energía y electrónica de potencia

- Electrónica clave en energías renovables (solar, eólica).
- Uso de IGBTs, MOSFETs de SiC y GaN para alta eficiencia.
- Cargadores rápidos, vehículos eléctricos e infraestructura energética inteligente (smart grid).

Inteligencia Artificial e IA embebida

- Chips especializados en IA (TPU, NPU, GPU integradas).
- Redes neuronales corriendo directamente en microcontroladores (TinyML).
- Uso en cámaras, sensores, robótica, detección de fallos, etc.

Categoría	Ejemplos y tecnologías clave
Smartphones	Pantallas OLED, sensores biométricos, SoC de alto rendimiento
Dispositivos vestibles	Relojes inteligentes, pulseras fitness, auriculares inalámbricos
Hogar inteligente	Asistentes de voz, domótica, cámaras IP, bombillas y enchufes conectados
Consolas y gaming	Hardware gráfico avanzado, sensores de movimiento, VR/AR

Electrónica en la industria

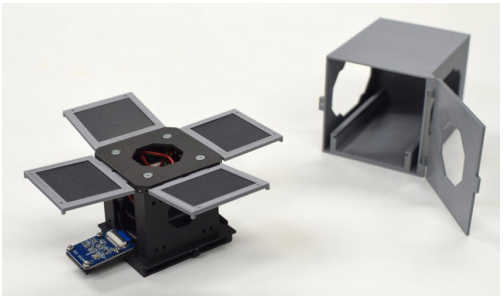
- Industria 4.0: sensores, robótica, automatización, edge computing.
- Sistemas embebidos críticos en automoción, aeroespacial, medicina.
- Mantenimiento predictivo con IA.
- Robots colaborativos (cobots), visión artificial y PLCs avanzados.

En la Formación Profesional

- Formación en microcontroladores, programación embebida, comunicaciones IoT.
- Uso de plataformas como Arduino, ESP32, STM32, Raspberry Pi, FPGAs.
- Aprendizaje de diseño de PCBs, simuladores digitales, herramientas EDA modernas.

Conceptos clave

Concepto	Breve definición
SoC	System on Chip: todo un sistema informático integrado en un solo chip.
IoT	Internet de las cosas: dispositivos conectados e inteligentes.
FPGA	Chip programable que permite diseñar lógica digital compleja.
TinyML	Inteligencia artificial ejecutada en microcontroladores.
Smart grid	Red eléctrica inteligente con sensores, control automático y comunicación.

MINI MAC PC 12,7X12,7 X5 CM-CHIP M4-10 NÚCLEOS	**PROCESADOR INTER CORE I-9**
	
DRON	**SATÉLITE CONSTRUIDO EN IMPRESORA 3D**

- IoT: Significa "Internet de las cosas" (Internet of Things en inglés). Es un concepto que se refiere a la red de dispositivos físicos, vehículos, electrodomésticos y otros objetos cotidianos que están equipados con sensores, software y tecnologías de conectividad para permitirles conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet
- IA: Es un campo de la informática que se centra en la creación de sistemas y máquinas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Estas tareas pueden incluir el aprendizaje, el razonamiento, la resolución de problemas, la percepción y la interacción con el lenguaje. En esencia, la IA busca imitar la inteligencia humana en las máquinas.

Microprocesadores más usados en la actualidad:

Modelo/Familia	Empresa	Arquitectura	Características principales
Intel Core (i3/i5/i7/i9)	Intel	x86-64	Alta potencia para PCs y portátiles. Multinúcleo, gráficos integrados, uso en general-purpose computing.
AMD Ryzen (3/5/7/9)	AMD	x86-64	Competencia directa de Intel, excelente relación rendimiento/precio. Soporte para multitarea y gaming.
Apple M1 / M2 / M3	Apple	ARM64 (ARMv8/v9)	SoC de alto rendimiento y eficiencia energética. Integración total: CPU, GPU, RAM, Neural Engine. Usado en Mac, iPad.
Qualcomm Snapdragon (8 Gen)	Qualcomm	ARM64	Microprocesadores móviles para smartphones Android. Alto rendimiento gráfico y conectividad 5G.
MediaTek Dimensity	MediaTek	ARM64	SoC para smartphones de gama media/alta. Integración 5G, IA, eficiencia energética.
Samsung Exynos	Samsung	ARM64	SoC usados en dispositivos Samsung. CPU y GPU integradas, uso en móviles y tablets.

Intel Xeon	Intel	x86-64	Microprocesadores para servidores, estaciones de trabajo y cloud computing. Multinúcleo, soporte ECC.
AMD EPYC	AMD	x86-64	Alta densidad de núcleos para servidores. Muy usado en centros de datos por rendimiento y escalabilidad.
NVIDIA Grace	NVIDIA	ARM64	Diseñado para servidores y aplicaciones IA/ML. Optimizado para conectarse con GPUs NVIDIA.
Raspberry Pi RP2040	Raspberry Pi	ARM Cortex-M0+	Doble núcleo, muy bajo consumo. Popular en educación y proyectos embebidos.
Espressif ESP32	Espressif Systems	Xtensa LX6 / RISC-V	WiFi + Bluetooth integrados, ideal para IoT. MCU potente, muy usado en domótica y sensores.
SiFive Performance P600	SiFive	RISC-V	Arquitectura abierta. Potente y escalable. Usado en investigación y sistemas embebidos avanzados.

Notas adicionales:

- **x86-64** sigue dominando en PC y servidores.
- **ARM** se ha expandido desde móviles a ordenadores (Apple, ARM Neoverse para servidores).
- **RISC-V** gana tracción en sistemas embebidos e investigación por su arquitectura abierta.
- **SoC (System on Chip)** es común en móviles y embebidos: integran CPU, GPU, RAM, periféricos y conectividad.

Microcontroladores más usados en la actualidad:

Modelo/Familia	Empresa	Arquitectura	Características principales
ATmega328P	Microchip (antes Atmel)	8 bits	Usado en **Arduino Uno**, bajo consumo, fácil de programar, 32 KB Flash, 1 KB EEPROM, 23 pines I/O.
PIC16F / PIC18F	Microchip	8 bits	Muy usados en educación, domótica y control industrial; bajo coste, gran variedad de modelos.
STM32 (Cortex-M)	STMicroelectronics	32 bits	Basados en ARM Cortex-M0/M3/M4/M7; muy potentes, usados en electrónica industrial y médica.
ESP8266 / ESP32	Espressif Systems	32 bits	WiFi (y Bluetooth en ESP32) integrados, ideales para **IoT**, muy baratos y con mucha comunidad.
MSP430	Texas Instruments	16 bits	Ultra bajo consumo, muy usados en sensores portátiles y aplicaciones de batería.
nRF52 series	Nordic Semiconductor	32 bits	MCU con conectividad Bluetooth Low Energy (BLE); muy populares en wearables e IoT.
RP2040	Raspberry Pi Foundation	32 bits	Dual-core ARM Cortex-M0+, 264 KB SRAM, muy usado en educación y proyectos con Raspberry Pi Pico.
Renesas RX y RL78	Renesas Electronics	16/32 bits	Muy usados en automoción, electrodomésticos y sistemas embebidos industriales.

10. La Electrónica del Futuro

A la hora de definir la electrónica del futuro, aún a riesgo de no conocer futuras necesidades al 100%, si podemos establecer un horizonte de desarrollo en el que serán importantes los siguientes campos relacionados con la electrónica:

- Desarrollo de la computación cuántica. Sustituirá parcialmente a la electrónica clásica en campos como la criptografía, la simulación molecular y la inteligencia artificial. Se utilizarán cúbits y puertas cuánticas en procesadores híbridos.
- Desarrollo de nuevos materiales: Grafeno, disulfuro de molibdeno (MoS_2), óxidos metálicos: mayor velocidad, menor consumo y flexibilidad.
- Electrónica flexible y orgánica: Dispositivos vestibles (wearables), textiles inteligentes y electrónica médica implantable. Circuitos impresos en plásticos o tejidos con técnicas de impresión 3D o inkjet.
- Inteligencia artificial embebida: Electrónica con capacidad de aprender: chips con IA local, sin necesidad de conexión a la nube. Uso masivo de redes neuronales físicas, no simuladas, en circuitos neuromórficos.
- Tecnologías de interconexión avanzadas: Sustitución parcial del cobre por interconexiones ópticas o plasmones. Comunicación entre chips por luz (fotónica integrada): mayor velocidad, menor interferencia.
- Sostenibilidad y economía circular: Electrónica biodegradable o reciclable: desarrollo de componentes solubles o reutilizables. Reducción del uso de tierras raras y metales pesados mediante nuevos procesos de fabricación y materiales alternativos. Producción más eficiente con nano-fabricación aditiva y bajo impacto ambiental.
- Ámbitos de aplicación transformados:
    - Medicina: Chips implantables con monitoreo continuo y terapias automáticas. Neuroelectrónica para comunicación directa con el cerebro.
    - Automoción y transporte: Electrónica de control en vehículos totalmente autónomos. Infraestructura vial con electrónica integrada para interacción con los vehículos.
    - Domótica y ciudades inteligentes: Sensores en todo el entorno urbano: tráfico, contaminación, iluminación. Hogares completamente automatizados e interconectados.

- Fabricación y diseño electrónico: Diseño asistido por IA generativa: ingenieros asistidos por algoritmos que optimizan automáticamente circuitos. Simulación cuántica de circuitos para prever comportamiento a nivel atómico. Producción bajo demanda mediante fabricación distribuida (microfábricas locales con impresión 3D).

INTERPRETACIÓN GRÁFICA DE CHATGPT